

VALORACIÓN *in situ* DE LA DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DE CHILES (*Capsicum annuum* L. Y *Capsicum chinense* Jacq.) EN YAXCABÁ, YUCATÁN

*In situ* ASSESSMENT OF PEPPERS MORPHOLOGICAL DIVERSITY (*Capsicum annuum* L. AND *Capsicum chinense* Jacq.) IN YAXCABÁ, YUCATÁN

Luis Latournerie Moreno<sup>1\*</sup>, José Luis Chávez Servia<sup>2</sup>, Manuel Pérez Pérez<sup>1</sup>, Guillermo Castañón Nájera<sup>1</sup>, Sergio Alfredo Rodríguez Herrera<sup>3</sup> Luis Manuel Arias Reyes<sup>4</sup> y Porfirio Ramírez Vallejo<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico Agropecuario No. 2. Km 16.3 Ant. Carr. Mérida-Motul, Conkal, Yuc. Tel/Fax: 01 (999) 912-4135. Correo electrónico: napoleon@mucuy.itaconkal.edu.mx <sup>2</sup>IPGRI-Américas, México. C/o en CINVESTAV, Unidad Mérida. Ant. Carr. Progreso Km 6.5 C.P. 97310 Mérida, Yucatán. 01 (999) 981-42-87 <sup>3</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. Tel 01(844) 417-74-07. <sup>4</sup>CINVESTAV Unidad Mérida. Ant. Carr. Progreso Km 6.5 C.P. 97310 Mérida, Yucatán. Tel 01 (999) 981-42-87. <sup>5</sup>Colegio Posgraduados, IREGEP. Km 36.5 Carr. Texcoco-México. C.P. 56230 Montecillo, Estado de México. Tel. 01 (595) 952-0200.

\*Autor responsable

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló de julio a diciembre de 1999 en la comunidad de Yaxcabá, Yucatán, con el objetivo de describir la diversidad morfológica *in situ* y determinar la relación entre la clasificación de los chiles que hacen los agricultores y la variabilidad morfológica fenotípica. Durante la exploración se tomaron datos *in situ* de una serie de caracteres de planta, flor y fruto de 75 poblaciones o muestras en 43 parcelas de cultivos (milpa) y solares de la comunidad objetivo. De acuerdo con la denominación de los agricultores las muestras descritas se clasificaron en siete morfotipos; los primeros seis pertenecen al *Capsicum annuum* L. nominados como Ya'ax ic, Xcat'ic, Cha'huá, Dulce, Sucurre y Maax o Maaxito, éste último *C. annuum* var. *Aviculare* (Dierb.). Además, un morfotipo de la especie *C. chinense* Jacq. conocido ampliamente como Habanero. A través de la clasificación que hacen los agricultores, se reconocen tres niveles de diversidad; entre y dentro de especies, y la diversidad dentro de los morfotipos o variedades criollas, aunque ellos los llamen simplemente como tipos. Los análisis de componentes principales, conglomerados y de discriminante determinaron que existe alta consistencia, en mas de 80 % de los casos, entre la denominación que hace el agricultor de los chiles y los diferentes grupos morfológicos, incluyendo ciertos complejos fenotípicos.

Palabras clave: *Capsicum annuum* L., *C. annuum* var. *Aviculare* (Dierb.), *Capsicum chinense* Jacq., morfotipos, componentes principales, conglomerados y análisis de determinante.

SUMMARY

To describe the morphological diversity preserved *in situ* and determine the relationship between chili classification by farmers and phenotypic morphological variability this research was conducted during 1999 in the community of Yaxcaba, Yucatan. Plant, fruit and flower traits of 75 populations or samples were evaluated in 43 crop plots (Milpa) and home gardens at the target community. Based on farmers taxonomy, seven morphotypes of landraces were classified; six of them belong taxonomically to *Capsicum annuum* L. and are referred to as Ya'ax ic, Cha'hua, Sucurre, Dulce, Xcat'ic and Maax or Maaxito, the last one being *C. annuum* var. *aviculare* (Dierb.). Besides a morpho type widely known Habanero (*C. chinense* Jacq.). Farmers from the local community recognize three levels of diversity:

among and within species as well as the variation within populations or landraces that were grouped according to their folk taxonomy and simply named as types. Principal component, cluster and determinant analyses confirmed that there was high consistency, in more than 80 % of cases, between farmers' landrace names (or morphotypes) and the different morphological groups including certain morphologic complexes which were distinguished through their phenotypic description.

Index words: *Capsicum annuum* L., *Capsicum annuum* var. *Aviculare* (Dierb) *Capsicum chinense* Jacq., morphotypes, principal components, cluster and determinant analysis.

INTRODUCCIÓN

El chile tiene una larga tradición en la dieta alimenticia de la población mexicana, por lo que es uno de los atributos que la identifica y ha sido muy apreciado como condimento desde tiempos prehispánicos. También, en las diferentes culturas americanas jugó un papel importante como fuente de vitamina C (Long, 1998). En México, existe una gran diversidad de chiles cultivados y silvestres en una amplia gama que va desde muy picantes hasta las variedades dulces con una distribución desde el nivel del mar hasta los 2500 msnm (Pozo *et al.*, 1991).

México posee una gran cantidad de recursos fitogenéticos de *Capsicum*. Cuenta con una amplia variabilidad genética de la especie *annuum*, y en menor grado de *frutescens*, *pubescens* y *chinense*. En particular, en la Península de Yucatán existe una gran diversificación de chiles criollos de las especies de *C. annuum* y *C. chinense* (Terán y Rasmussen, 1998). Sin embargo, no existe un conocimiento amplio de este germoplasma ni tampoco trabajos de valoración morfológica y recolección de la diversidad de chiles.

En Yucatán el maíz, frijol, calabaza y chile continúan siendo el eje de la subsistencia alimentaria de la población campesina actual. Warman (1988) y Bonfil (1990) señalan que los sistemas agrícolas tradicionales, como la milpa, son de gran importancia en la vida de los mexicanos ya que producen la base de los principales alimentos, por lo que es necesario reanudar las acciones institucionales en donde la conservación dinámica de la diversidad agrícola sea participativa (instituciones-campesinos). Los sistemas agrícolas tradicionales han permitido que exista gran diversidad genética de los cultivos debido: 1) a la cantidad de años que lleva cultivándose en un centro, 2) al amplio rango de hábitats y prácticas agrícolas que los agricultores han realizado, y 3) a la selección natural causada por la presencia de una gran diversidad de patotipos de enfermedades y plagas que en cierta medida están influenciados por la variación climática y los factores edáficos. Todos estos factores han favorecido una gran diversidad genética la cual puede tener un valor inmediato en los programas de mejoramiento genético (Hawkes, 1991).

Por otro lado la erosión de los recursos fitogenéticos parece estar en función de la erosión cultural, cuanto mayor es el grado de desorganización de las culturas campesinas mayor es el nivel de erosión de los recursos genéticos cultivados. Esto quiere decir que la cultura es un factor importante que ha mantenido y generado la diversidad genética básica, a través de largos periodos de existencia. Estas culturas han conservado la mayor parte de variabilidad, eliminando únicamente aquellas variantes que han podido ser reemplazadas por nuevas combinaciones con ciertas ventajas en adaptación a los múltiples nichos ecológicos, económicos y culturales del grupo étnico en cuestión (Hernández, 1994). En este sentido, las comunidades y sus características socioeconómicas y culturales son determinantes en la preservación de los recursos fitogenéticos. Sin embargo, la conservación *in situ* en campo de los agricultores, que es una de las estrategias de mayor difusión en la década reciente, tiene aún varias preguntas por resolver; algunas de ellas son: ¿qué procesos son utilizados para mantener la diversidad genética en campo de los agricultores?, ¿cuál es la unidad de conservación?, ¿cuál es la unidad de diversidad genética que maneja el agricultor? y ¿cuáles son las características que utilizan los agricultores para diferenciar sus variedades? (Jarvis *et al.*, 2000b).

Yucatán cuenta con una amplia variabilidad genética del género *Capsicum* (Martínez, 2000; Pérez, 2000). Sin embargo esta riqueza sufre una fuerte erosión genética como consecuencia de la pérdida acelerada de los sistemas tradicionales agrícolas y de las políticas de modernización del medio rural. Así mismo, se desconoce la magnitud de la diversidad genética que conservan los productores en sus campos de cultivo y no se tiene conocimiento de la dis-

tribución de este germoplasma en la Península. Además, quienes conservan estos materiales son los agricultores que mantienen sus sistemas tradicionales agrícolas y que aprovechan los recursos genéticos, y es conocido que las características fenotípicas de fruto son las de mayor importancia para los productores en la selección y mejoramiento de sus variedades criollas.

El entendimiento de esa diversidad genética es un requisito para estudiar la estructura genética de las poblaciones locales que manejan los agricultores y que pueden aprovecharse en programas de mejoramiento. Así mismo permitiría orientar y fortalecer los estudios de conservación *in situ* y valorar el conocimiento tradicional y las nomenclaturas locales. Con estas bases se planteó el presente trabajo con el objetivo de describir la diversidad morfológica *in situ* y determinar la relación entre la clasificación de los chiles que hacen los agricultores y la variabilidad morfológica fenotípica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio lo constituye la comunidad de Yaxcabá localizada en la zona centro del Estado de Yucatán, ubicada a 20° 33' latitud norte y 88° 50' longitud oeste, con una altitud de 30 msnm. Yaxcabá limita al norte con el municipio de Sudzal y Tunkás, al sur con Peto y Chacsinkin, al este con Chankom y Cuncunul, y al oeste con el municipio de Sotuta y Cantamayec; se encuentra a una distancia de 108 km de la ciudad de Mérida (INEGI, 1994). En la región predomina el clima cálido subhúmedo ( $Aw_1(x')(i')g$ ) con temperatura media anual de 25.5°C y precipitación media anual de 996.7 mm (CNEM, 1988).

En la región de Yaxcabá desde 1998 se inició un proyecto de investigación para el Fortalecimiento de las Bases Científicas de la Conservación *in situ* de la Biodiversidad Agrícola en Campo de los Agricultores, con un enfoque multidisciplinario de investigación (Jarvis y Hodgkin, 1998; Jarvis *et al.*, 2000a; Jarvis *et al.*, 2000b). El presente trabajo tiene como marco de referencia ese proyecto, y la comunidad de Yaxcabá se tomó como un estudio de caso para realizar esta investigación y posteriormente estimar la estructura genética de las poblaciones que manejan los agricultores en sus campos de cultivo.

La exploración etnobotánica en Yaxcabá se realizó de julio a diciembre de 1999 de acuerdo a la metodología descrita por Hernández (1971) y Engels *et al.* (1995). Durante la exploración e identificación taxonómica se evaluaron *in situ* varios caracteres morfológicos de planta, flor y fruto de acuerdo con los descriptores para *Capsicum* propuestos por IPGRI, CATIE y AVRDC (1995) (Cuadro 1).



Cuadro 1. Variables vegetativas y de fruto evaluadas *in situ* en 75 poblaciones de chile (*Capsicum spp.*) en la comunidad de Yaxcabá, Yucatán, 1999.

Código	Variabes	Escala
AP	Altura de la planta	Centímetro
FT	Forma del tallo	Ordinal; 1: cilíndrico a 3: achatado
PT	Pubescencia del tallo	Ordinal; 3: escasa a 7: densa
LT	Longitud del tallo	Centímetro
DT	Diámetro del tallo	Centímetro
ANP	Ancho de la planta	Centímetro
DR	Densidad de ramificación	Ordinal; 3: escasa a 7: densa
RP	Número de ramas primarias	Numérica
RS	Número de ramas secundarias	Numérica
DH	Densidad de hojas	Ordinal; 3: escasa a 7: densa
CH	Color de la hoja	Ordinal; 1: amarillo a 7: jaspeado
FH*	Forma de la hoja	Ordinal; 1: deltoide a 3: lanccolada
MLF	Margen de lámina foliar	Ordinal; 1: entera a 3: ciliada
LH	Longitud de la hoja	Centímetro
AH	Ancho de la hoja	Centímetro
PH	Pubescencia de la hoja	Ordinal; 3: escasa a 7: densa
HAB	Hábito de crecimiento	Ordinal; 3: postrada a 7: erecta
CF	Color del fruto al madurar	Ordinal; 1: blanco a 12: negro
FF*	Forma del fruto	Ordinal; 1: elongado a 5: acampanulado. y en bloque
LF	Longitud del fruto	Centímetro
DF*	Diámetro del fruto	Centímetro
LP	Longitud del pedicelo	Centímetro
UP*	Fruto en unión con el pedicelo	Ordinal; 1: agudo a 5: lobulado
CB	Cuello en la base del fruto	Binaria; 0: ausente, 1 presente
FAP*	Forma del ápice del fruto	Ordinal; 1: puntiagudo a 4: hundido y puntiagudo
AT*	Arrugamiento transversal	Ordinal; 3: levemente corrugado a 7: muy corrugado
NL*	Número de lóculos	Numérica
PPF	Persistencia del pedicelo con el fruto	Ordinal; 3: fácil a 7: persistente
PPT	Persistencia del pedicelo con el tallo	Ordinal; 3: fácil a 7: persistente
TE	Tipo de epidermis	Ordinal; 1: lisa a 3: rugosa

\* Variables seleccionadas de acuerdo al análisis de componentes principales.

La exploración se realizó en 43 milpas y solares propiedad de 34 productores. En el caso de las milpas la toma de datos de las características de planta, flor y fruto, se realizó de la siguiente forma: a) en plantaciones jóvenes (menor de un año) se tomaron datos de 8 a 10 plantas al azar y b) en plantaciones de más de un año de haberse establecido, que no estaban en floración ni en producción o que tenían pocos frutos o flores, se tomó una muestra aleatoria de 6 a 8 plantas. En el muestreo de los solares, se incluyeron pequeñas unidades de riego y cultivos en macetas, por lo que el número de plantas que se evaluaron fue variable (6 a 10). En el solar, comúnmente se encontraron muy pocas plantas (entre 8 y 12 plantas) como cultivo de traspatio.

Una modalidad especial fue el cultivo de chile en maceta encontrado alrededor de la casa (de 2 a 6 plantas) gene-

ralmente de buen porte vegetativo, y finalmente en las unidades de riego, que fue donde se encontró mayor número de plantas, la cantidad frecuente era de 50 a 70 plantas en cada parcela, donde al azar se midieron diez plantas por cada tipo de chile. Se observó gran variabilidad en los estados vegetativos y reproductivos de las plantas, por lo que los datos para el presente análisis fueron obtenidos de las plantas que estaban en estado de fructificación. La identificación local se generó de acuerdo a como lo denominan los agricultores y a la descripción que se reporta en la literatura (Terán y Rasmussen, 1998; Pozo *et al.*, 1991; Martínez, 2000). Además la identificación taxonómica se verificó en Pickersgill *et al.* (1979).

### Análisis de la información

Con base en las medias y modas de cada variable por población evaluada se realizó un primer análisis de componentes principales (ACP) que incluyó a las 75 colectas con 30 variables vegetativas y de fruto evaluadas *in situ* a partir del cual se determinaron los siete caracteres de mayor importancia para describir la variabilidad observada entre las colectas (Pla, 1986; Iezzoni y Pritts, 1991) de acuerdo con la metodología de Jolliffe (1973). Una vez seleccionadas las principales variables se procedió a realizar un segundo ACP, en donde el porcentaje de variación explicada con los tres primeros componentes principales pasó de 42.8 % a 79.5 %. En ambos análisis, la estimación de los componentes principales se obtuvieron a partir de la matriz de correlaciones. Es decir, se otorgó la misma importancia para todas las variables incluidas en cada análisis (Crossa *et al.*, 1995; Manly, 1994; Chesneau, 1986).

Después de haber seleccionado las variables de mayor valor descriptivo, se procedió a realizar un análisis de conglomerado jerárquico con el método de ligamiento promedio (UPGMA), la medida de disimilitud fue la distancia euclidiana. Con la matriz de distancias se construyó el dendrograma (Van-Tongeres, 1997) y el punto de corte para la formación de los grupos se basó en la  $R^2$  semiparcial mayor a 80 %, y la pruebas de la pseudo F y la pseudo  $t^2$  donde las diferencias entre los grupos son significativas (SAS, 1996). El procedimiento permitió clasificar a las colectas en grupos y subgrupos de características agromorfológicas similares (Crossa *et al.*, 1995). A partir de esos grupos se procedió a compararlos con la clasificación nominal de los morfotipos<sup>1</sup> que hacen los agricultores, mediante un análisis discriminante (AD) con el objetivo de verificar las relaciones entre los nombres y las características fenotípicas de las variables evaluadas *in situ*. Los

<sup>1</sup> El término morfotipos se utiliza para denominar a una variante morfológica de chile

estadísticos utilizados fueron la Lambda de Wilks y la traza de Pillai.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En la exploración de la comunidad de Yaxcabá, Yucatán, se obtuvo una serie de nombres que utilizan los agricultores para reconocer a los diferentes morfotipos de chile. Con esa nomenclatura y los caracteres que utilizan los agricultores para describirlos (Pérez, 2000) se generó la clasificación que se presenta en el Cuadro 2. Se identificaron seis morfotipos que pertenecen a la especie *Capsicum annuum* denominados localmente como Ya'ax ic, Xcat'ic, Cha'hua, Dulce, Sucurre y Maax o Maaxito, este último corresponde a *C. annuum* var. *aviculare*, y uno de la especie *C. chinense* conocido ampliamente como habanero. Es importante subrayar que esta clasificación aunque conocida localmente, no se había reportado de manera completa en la literatura.

Cuadro 2. Número de poblaciones descritas por morfotipos de chile con su correspondiente clasificación taxonómica. Yaxcabá, Yucatán.

Poblaciones descritas	Nombre del morfotipo <sup>a</sup>	Especie
9	Xcat'ic	<i>C. annuum</i>
6	Dulce	<i>C. annuum</i>
41	Ya'ax ic	<i>C. annuum</i>
9	Sucurre	<i>C. annuum</i>
9	Cha'huá	<i>C. annuum</i>
12	Maax o Maaxito <sup>b</sup>	<i>C. annuum</i> var. <i>aviculare</i>
17	Habanero	<i>C. chinense</i>

<sup>a</sup> Nombre asignado por los agricultores; <sup>b</sup> Similar a piquín de otras regiones de México

El análisis de componentes principales (ACP) mostró que los tres primeros componentes principales, generados por la combinación lineal de siete variables morfológicas, contribuyeron a la explicar 79.5 % de la variabilidad morfológica fenotípica (Cuadro 3). El CP1 con un valor propio de 3.95, explicó 56.5 % de la variación total, donde las variables de mayor contribución fueron UP, FAP, FF, DF y AT. Como se demuestra, este componente estuvo formado por los caracteres que determinan la forma del fruto. El CP2 explicó 13.1 % de la variación total, las variables forma de la hoja (FH) y arrugamiento transversal del fruto (AT) fueron las que influyeron en mayor proporción para determinar este componente. De la misma forma el CP3 contribuyó con 9.9 % de la variación y se relaciona principalmente con el número de lóculos del fruto (NL) y el diámetro del fruto (DH). Estos resultados coinciden con un estudio similar realizado por Chávez y Castillo (1999), quienes encontraron que los primeros tres componentes explicaron 91.86 % de la variación observada entre las poblaciones de chile manzano (*C. pubescens* R. y P.) y en su caso las variables con mayor valor descriptivo fueron también los caracteres del fruto como longitud, diámetro, lóculos, semillas por fruto y por lóculo.

Cuadro 3 Vectores y valores propios de los componentes principales (CP) con las variables vegetativas y de fruto de mayor valor descriptivo de 75 poblaciones de chiles criollos en Yaxcabá, Yucatán.

Variables	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
Forma de la hoja (FH)	-0.240	0.858	0.096	0.313	0.238
Forma del fruto (FF)	0.390	0.177	-0.117	-0.529	0.661
Diámetro del fruto (DF)	0.390	-0.147	-0.569	0.323	0.046
Forma del fruto en la unión con el pedicelo (UP)	0.422	0.039	-0.338	0.330	0.132
Forma del ápice del fruto (FAP)	0.457	0.106	-0.008	-0.279	-0.167
Arrugamiento transversal del fruto (AT)	0.388	0.430	-0.173	-0.104	-0.653
Número de lóculos (NL)	0.324	-0.116	0.713	0.566	0.180
Valor propio	3.955	0.915	0.691	0.632	0.411
Variación explicada	0.565	0.131	0.099	0.090	0.059
Variación acumulada	0.565	0.696	0.795	0.885	0.944

En la Figura 1 se presenta la distribución de los morfotipos mediante los dos primeros componentes principales. Los tipos de chile Dulce, Habanero, Xcat'ic, Ya'ax ic y Maax presentan diferentes atributos agromorfológicos, entre ellos se encontró un cierto grado de traslape, principalmente entre los tipos Ya'ax ic y Maax. El morfotipo Ya'ax ic mostró la mayor diversidad fenotípica dado que las poblaciones clasificadas en este tipo se encuentran en tres de los cuatro cuadrantes, distinguiéndose claramente de los tipos Habanero y Dulce (lado derecho del eje X). Esta diversidad puede ser debida a que el agricultor denomina de esta manera a todos los chiles verdes y en sus poblaciones mantienen una mezcla muy fuerte de formas de fruto, por lo que no hay un fenotipo bien definido que lo represente. Esta situación en relación con el reconocimiento de este tipo específico de chile, fue también observada por Terán y Rasmussen (1998). No obstante, el agricultor ha mostrado la habilidad para mantenerlo, conservarlo y sembrarlo con alta frecuencia en sus milpas.

Los morfotipos Sucurre y Cha'huá se distribuyeron en el mismo espacio dimensional que Maax y Ya'ax ic (con excepción de dos poblaciones, una de cada uno de estos tipos). Los denominados Sucurre y Cha'huá no son comunes en la región, y de hecho, solamente se encuentran cultivados en los solares y en macetas, aunque presentan diferentes forma del fruto entre ellos, el agrupamiento formado posiblemente indica un cruzamiento entre morfotipos y la posterior selección que hacen los agricultores al escoger esas variantes raras como sucede en otros cultivos (Jarvis y Hodgkin, 1999).

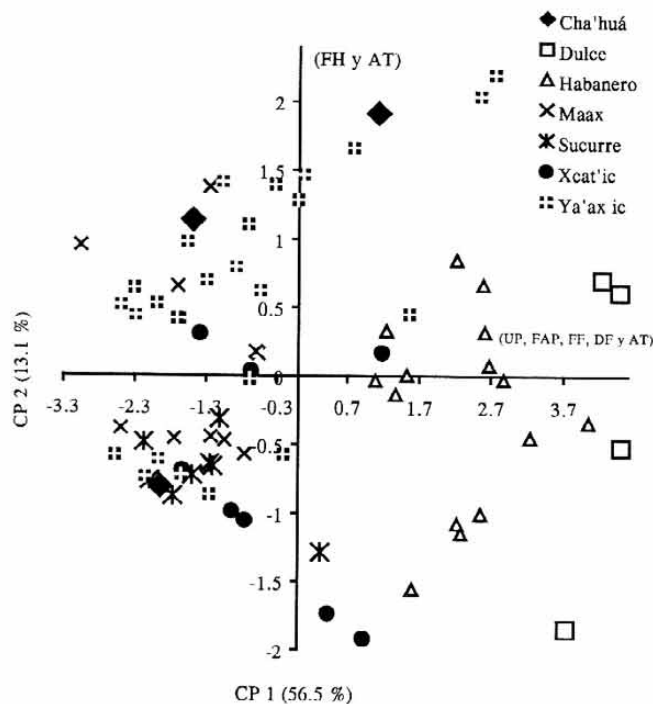


Figura 1. Distribución gráfica de 75 poblaciones de chile en función de los primeros dos componentes principales.

La Figura 2 muestra una tendencia similar a la Figura 1. Existe una marcada diferencia entre el chile Dulce (cuadrante superior izquierdo), Habanero (cuadrante inferior derecho) y el complejo Ya'ax ic, Xcat'ic, Sucurre, Cha'huá y Maax, distribuidos principalmente en el lado izquierdo del eje X.

Con base en el análisis de conglomerados fue posible agrupar las 75 muestras evaluadas *in situ*, provenientes de Yaxcabá (Figura 3), en siete grupos morfológicamente diferentes de acuerdo con el  $R^2$  semiparcial mayor a 80 %, la seudo F y la seudo  $t^2$  significativas (SAS, 1996), tomando como referencia una distancia euclidiana de 2.15 unidades. El grupo 1 estuvo integrado por una población de Maax (m3) y otra de Ya'ax ic (y13). El chile Maax es un morfotipo silvestre (*C. annuum* var. *aviculare*) con gran potencial y ampliamente distribuido en casi todos los ambientes, y posiblemente se ha cruzado de manera natural con los distintos morfotipos de *C. annuum* que existen en la región. En este estudio la mayoría de las muestras de Maax procedía del solar, donde se encuentra con mayor regularidad y convive con los otros tipos de chile. Al respecto Rodríguez (1988), afirma que la raza de chile más primitiva es piquín (conocida en Yucatán como Maax). En su estudio con cinco razas de chile (piquín, guajillo, jalapeño, serrano y ancho) menciona que durante su proceso

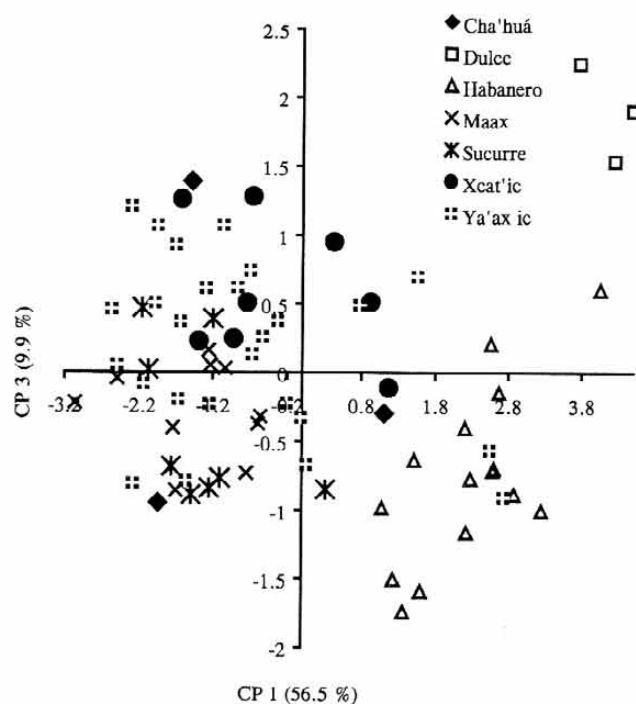


Figura 2. Distribución gráfica de 75 poblaciones de chile en función del primero y tercer componente principal.

de domesticación estos tipos han evolucionado en dos direcciones; por un lado hacia serrano y jalapeño, y por otro hacia guajillo y ancho, todos dentro del complejo *C. annuum*.

La población de Xcat'ic (x46) formó un grupo independiente (grupo 2). El chile Xcat'ic se caracteriza por presentar la forma de la hoja oval, fruto elongado, diámetro de fruto de 2.5 cm, con forma de fruto en la unión con el pedicelo obtuso, el ápice del fruto en romo, con arrugamiento transversal intermedio y en promedio un loculo por fruto. El grupo 3 se integró por tres poblaciones del morfotipo Xcat'ic (x100, x97 y x95). El grupo 4 es un complejo formado por Ya'ax ic, Cha'huá, Xcat'ic y Sucurre que difiere significativamente del complejo formado en el grupo 5 que incluye a Xcat'ic y Dulce. La presencia de la población d102 en este último grupo probablemente indica la presencia de un híbrido entre Xcat'ic y Dulce, que presenta color verde intenso y la epidermis y pericarpio del Dulce, pero con forma de fruto y característica de pungencia del tipo Xcat'ic, el agricultor la señala como una cruce natural entre el chile Dulce e Xcat'ic. Sin embargo, ésta y otras hipótesis de infiltraciones genéticas se deben probar con herramientas más precisas como los marcadores moleculares.

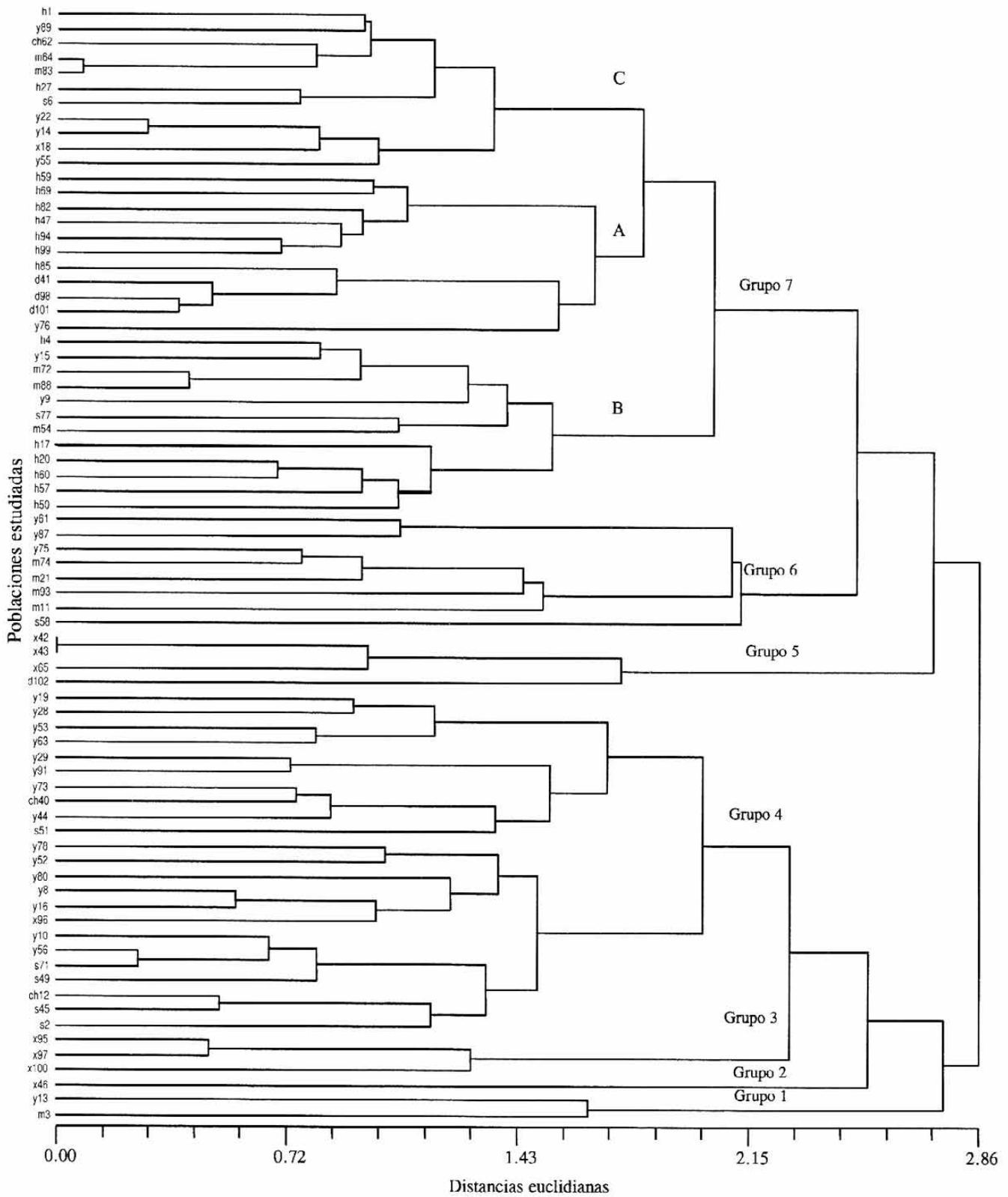


Figura 3. Agrupamiento por el método UPGMA de 75 poblaciones de chile (*C. annum* y *C. chinense*). Donde: y:Ya'ax ic, x:Xcat'ic, ch:Cha'hua, s:Sucurre, d:Dulce, m:Maax y h:habanero.

El grupo 6 se formó con cuatro poblaciones de Maax, una de Ya'ax ic y una de Sucurre. Con este grupo y el grupo 4 se corrobora lo que se mostró en el análisis de componentes principales, donde se señalan los complejos formados por Ya'ax ic y las combinaciones, ya sea con Cha'huá y Sucurre o con Maax y Sucurre. El grupo 7 se integró por 33 poblaciones donde el Habanero es el predominante seguido por Maax y Ya'ax ic (Figura 3, Cuadro 4). En general, las tendencias tanto en el ACP y análisis de conglomerado fueron similares en cuanto a los grupos formados.

Con base en el análisis discriminante (AD) se verificó la relación entre morfotipos y grupos formados en el análisis de conglomerados y la probabilidad del agrupamiento adecuado (Cuadro 4). La Lambda de Wilks y la traza de Pillai a través de la pseudo F indican que estadísticamente los agrupamientos fueron óptimos ( $P \leq 0.01$ ), de acuerdo con los valores de 8.45 y 5.38, respectivamente. El grupo 1, fue el que presentó la menor relación entre morfotipos y grupo morfológico, con una probabilidad menor a 80 %. El grupo 2, 3 y 5 lo integraron poblaciones del morfotipo

Xcat'ic, lo que muestra una probable variación significativa dentro del morfotipo. La clasificación dentro de esos grupos corresponde en 100 %. El grupo 4 lo integra el complejo Ya'ax ic, Cha'huá, Sucurre y Xcat'ic, donde 82.6 % de las poblaciones se agruparon perfectamente dentro de este grupo, y por la predominancia del Ya'ax ic puede considerarse que existe, también, una relación directa entre morfotipo y el grupo morfológico. El grupo 6 es un complejo morfológico formado por un complejo (80 % de correspondencia) con poblaciones de Ya'ax ic, Sucurre y Maax. El grupo 7 es un complejo que para propósitos del AD se subdividió en tres subgrupos (como se muestra en la Figura 3); en dos de ellos predomina el Habanero (7a y 7b) con un agrupamiento perfecto en el primero y mayor a 80 % en el segundo caso. Dentro el grupo 7c se integró otro complejo entre Habanero, Ya'ax ic, Maax, Cha'huá y Sucurre.

Los complejos fenotípicos determinados en este trabajo (Figuras 1, 2 y 3, y Cuadro 4), formados por la agrupación de Ya'ax ic, Cha'huá, Maax, Sucurre, Xcat'ic y en determinados casos Habanero, probablemente corresponden a ciertos cruzamientos inter e intraespecíficos,

Cuadro 4. Relación entre los morfotipos identificados por los agricultores y los grupos morfológicos del análisis de conglomerados con base en el análisis de discriminante.

Grupos	Morfotipos	Frecuencia	Grupos del análisis de conglomerados							Total			
			1	2	3	4	5	6	7a		7b	7c	
Grupos del Análisis de Conglomerados	1	Maax Ya'ax ic	1 1	1 50.0					1 50.0				2
	2	Xcat'ic	1		1 100								1
	3	Xcat'ic	3		3 100								3
	4	Ya'ax ic Cha'huá Sucurre Xcat'ic	15 2 5 1	1 4.35	1 4.35	1 4.35	19 82.61				1 4.35		23
	5	Xcat'ic Dulce	3 1				4 100						4
	6	Ya'ax ic Sucurre Maax	3 1 4	2 25.00					6 75.00				8
	7a	Habanero Dulce Ya'ax ic	7 3 1							11 100			11
	7b	Habanero Maax Ya'ax ic Sucurre	6 3 2 1						2 16.67		10 83.33		12
	7c	Ya'ax ic Habanero Maax Cha'huá Sucurre Xcat'ic	4 2 2 1 1 1				1 9.09				1 9.09	9 81.82	11

Número de poblaciones y el porcentaje clasificado dentro de cada grupo.



debido a que los agricultores los manejan de manera conjunta. Una razón fundamental del manejo por los agricultores de este tipo de diversidad, es que ellos tienen una amplia posibilidad de opciones para el cultivo doméstico o comercial, principalmente cuando existe introgresión entre las plantas cultivadas y sus parientes silvestres (Jarvis y Hodgkin, 1999). Al respecto Prince *et al.* (1992) demostraron mediante la técnica de RFLP's la capacidad de cruzamiento entre *C. annuum* y *C. chinense*.

Los resultados muestran que el agricultor reconoce e identifica tres niveles de diversidad fenotípica: (1) la diversidad interespecífica, para diferenciar las especies *C. annuum* y *C. chinense*; (2) la variabilidad intraespecífica ya sea de variedades botánicas como el chile Maax (*C. annuum* var. *aviculare*) o la diferenciación de morfotipos dentro de cada especie, y (3) la variabilidad entre poblaciones o dentro de cada morfotipo, como también lo señala Pérez (2000). Aunque el agricultor los llamó simplemente como tipos.

Los morfotipos de chile denominados Ya'ax ic, Habanero, Cha'huá, Sucurre, Xcat'ic, Maax y Dulce son las identidades de diversidad que manejan y seleccionan los agricultores. Es decir, si el morfotipo corresponde en más de 80 % a una variante morfológica fenotípica (Cuadro 4), entonces correspondería a las probables unidades de diversidad que se propondrían conservar como parte esencial de una estrategia de conservación *in situ*, en donde el conocimiento local y la identificación de los agricultores son fundamentales. En general, los morfotipos son los principales niveles de diversidad pero también existe la diversidad intra-morfotipos que puede aprovecharse con fines de conservación y uso.

En el Cuadro 5 se presentan los valores medios y modas de los principales caracteres morfológicos que son utilizados para establecer las diferencias entre los morfotipos. Esto constituye un antecedente del conocimiento tradicional, lo cual establece una base para estudios posteriores sobre la estructura genética de las poblaciones de chiles que manejan los agricultores en Yucatán.

CONCLUSIÓN

La variabilidad fenotípica descrita en este trabajo aporta elementos a considerar dentro de una estrategia de conservación *in situ* de la diversidad agrícola en campo de los agricultores. En la comunidad objetivo existen tres niveles de diversidad enmarcada como morfotipos regionales de chile comúnmente llamados tipos. De esta manera los morfotipos orientan a entender la diversidad inter e intraespecífica, y aun la variabilidad intramorfotipos. Los análisis de componentes principales, de conglomerados y de discriminante determinaron ciertos complejos morfológicos como Ya'ax ic, Cha'huá, Maax y Sucurre o bien Ya'ax ic, Habanero, Maax, Cha'hua y Sucurre.

Los morfotipos Xcat'ic, Dulce, Ya'ax ic, Sucurre, Cha'hua y Maax, clasificados por los agricultores, taxonómicamente corresponden a la especie *Capsicum annuum* L., excepto el último que se clasificó como *C. annuum* var. *aviculare* (Dierb.), y el chile Habanero que pertenece a *C. chinense* Jacq. La clasificación que hacen los agricultores corresponde en la mayoría de los casos, en más de 80 %, a unidades morfológicas estadísticamente diferentes.

Cuadro 5. Modas y valores promedio de siete caracteres vegetativos y de fruto por tipos de chile. Yaxcabá, Yucatán, 1999.

Morfotipo	Variables descriptoras						
	FH <sup>1</sup>	FF	AT	UP	FAP	DF	NL
Habanero	Oval	Acampanulado	Intermedia	Cordado	Hundido y pun- tiagudo	2.68	4
Ya'ax ic	Lanceolada	Elongado	Leve	Truncado	Puntiagudo	1.78	2
Cha'huá	Lanceolada	Elongado	Intermedia	Truncado	Puntiagudo	1.17	3
Sucurre	Oval	Elongado	Leve	Obtuso	Puntiagudo	1.64	3
Xcat'ic	Oval	Triangular	Leve	Obtuso	Puntiagudo	2.81	3
Maax	Oval	Elongado	Leve	Obtuso	Romo	1.23	2
Dulce	Deltoide	Acampanulado y en bloque	Muy corrugada	Lobulado	Hundido y pun- tiagudo	5.50	3

<sup>1</sup>FH: Forma de la hoja; FF: Forma del fruto; AT: Arrugamiento transversal; UP: Forma del fruto en la unión con el pedicelo; FAP: Forma del ápice del fruto; DF: Diámetro del fruto (cm); NL: Número de lóculos.



## AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo al Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID) el que a través del IPGRI (Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos) y del CINVESTAV Unidad Mérida del Instituto Politécnico Nacional aportó los fondos para realizar este trabajo. Asimismo, se agradece al Instituto Tecnológico Agropecuario No.2 a través del COSNET (Consejo del Sistema Nacional de Educación Tecnológica), el apoyo para el desarrollo del presente trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bonfil G (1990)** México una Civilización Nacida. Fondo de la Cultura Económica. México. 160 p.
- Centro Nacional de Estudios Municipales (CNEM) (1988)** Secretaría de Gobernación. Los Municipios de Yucatán. México D.F. 548 p.
- Chávez S J L, F Castillo G (1999)** Variabilidad en caracteres morfológicos de colectas de Chile manzano (*Capsicum pubescens* R. y P.). Rev. Fitotec. Mex. 22:27-41.
- Chesneau V E (1986)** Análisis Multivariado: Métodos de Componentes Principales. Instituto Interamericano de Estadística. Organización de los Estados Americanos, Washington, D.C., EE.UU. Monografía No. 27. Serie matemáticas. 93 p.
- Crossa J, I H DeLacy, S Taba (1995)** The use of multivariate methods in developing a core collection. In: T. Hodgkin, A.H.D. Brown, Th.J.L. van Hintum, and E.A.V. Morales (eds.) Core Collections of Plant Genetic Resources. John Wiley and Sons, IPGRI and Sayce Publishing. pp. 77-92.
- Engels J M M, R K Arora, L Guarino (1995)** An introduction to plant germplasm exploration and collecting: Planning, methods and procedures, follow-up. In: L. Guarino, V. R. Rao, and R. Reid (eds.) Collecting Plant Genetic Diversity: Technical guidelines. CAB INTERNATIONAL, IPGRI, FAO, UNEP. Rome, Italy. pp. 31-63.
- Hawkes J G (1991)** The importance of genetic resources in plant a breeding. Biol. J. Linneo Soc. 43:3-10.
- Hernández X E (1971)** Exploración Etnobotánica y su metodología. SAG, CP. ENA, Rama Botánica. Chapingo, México. 69 p.
- Hernández X E (1994)** La Milpa en Yucatán, un Sistema de Producción Agrícola Tradicional. Tomo 1. Colegio de Posgraduados, Montecillo. Mexico. 306 p.
- Iezzoni F A, M Pritts (1991)** Applications of principal component analysis to horticultural research. HortScience 26:334-338.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) (1994)** Anuario Estadístico del Estado de Yucatán. Gobierno del Estado de Yucatán. México. 375 p.
- IPGRI, AVRDC, CATIE (1995)** Descriptores para *Capsicum* (*Capsicum spp.*). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Italia; Centro Asiático para el Desarrollo y la Investigación Relativos a los Vegetales, Taipei, Taiwan y Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. 51 p.
- Jarvis D I, T Hodgkin (eds.) (1998)** Strengthening the scientific basis of *in situ* conservation of agricultural biodiversity on-farm. Options for data collecting and analysis. Proceedings of a Workshop to Develop Tools and Procedures for *in situ* Conservation On-farm, 25-29 August 1997, Rome, Italy. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 104 p.
- Jarvis D, T Hodgkin (1999)** Wild relatives and crop cultivars: detecting natural introgression and farmer selection of new genetic combinations in agroecosystems. Molecular Ecology 8:159-173.
- Jarvis D I, B Sthapit, L Sears (eds.) (2000a)** Conserving agricultural biodiversity *in situ*: A scientific basis for sustainable agriculture. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 250 p.
- Jarvis D I, L Myer, H Klemick, L Guarino, M Smale, A H D Brown, M Sadiki, B Sthapit, T Hodgkin (2000b)** A Training Guide for *in situ* Conservation On-farm. Version 1. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 161 p.
- Jolliffe I T (1973)** Discarding variables in a principal components analysis. II. Real data. Applied Statistic, J. Royal Stat. Soc. Serie C 22:21-31
- Long S J (1998)** *Capsicum* y Cultura: La Historia del Chilli. Fondo de Cultura Económica. México D. F. 203 p.
- Manly B F J (1994)** Multivariate Statistical Methods. 2da. Edición. Editorial Chapman & Hall. 215 p.
- Martínez V R (2000)** Estudio morfológico de 34 poblaciones de Chile (*C. annuum* y *C. chinense*) en Yucatán. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 2. Conkal, Yucatán. 44 p.
- Pérez P M (2000)** Exploración de la diversidad morfológica de chiles (*Capsicum spp.*) regionales en una comunidad de Yucatán, México. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 2. 64 p.
- Pickersgill B, C B Heiser, J McNeill (1979)** Numerical taxonomic studies on variation and domestication in some species of *Capsicum*. In: J.G. Hawkes, R.N. Lester and A.D. Skelding (eds.). The Biology and Taxonomy of the Solanaceae. pp: 679-700.
- Pla E (1986)** Análisis Multivariado: Método de Componentes Principales. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington, D. C. 94 p.
- Pozo C O, S Montes H, E Redondo (1991)** Chile (*Capsicum spp.*). In: R. Ortega, G. Palomino, F. Castillo, V. A. González y M. Livera (eds.) Avances en el Estudio de los Recursos Fitogenéticos de México. Sociedad Mexicana de Fitogenética A. C. México. pp. 217-238.
- Prince J P, F Loaiza-Figueroa, S D Tanksley (1992)** Restriction fragment length polymorphism and genetic distance among Mexican accessions of *Capsicum*. Genome 35:726-732.
- Rodríguez M R (1988)** Evolución del sistema reproductivo de *Capsicum annum* L. Tesis M. C. Colegio de Postgraduados. Centro de Genética. Montecillos, México. 113 p.
- Statistic Analysis System (SAS) (1996)** SAS/STAT user's guide, release 6.10. SAS Institute, Inc. N.C. USA.
- Terán S y C H Rasmussen (1998)** Las Plantas de la Milpa entre los Mayas. Fundación Tun Ben Kin. A.C. Yucatán, México. 349 p.
- Van-Tongeres O F R (1997)** Cluster Analysis. Data Anal. Comm. Lands. Ecol. (Australia) 6: 174- 207.
- Warman A (1988)** Maíz, la Historia de un Bastardo. Fondo de Cultura Económica. México. 186 p.